Die Beziehung der sensibilisierenden Wirkung des Uranylsulfates zu seiner Fluorescenz.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfasst und einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

GEORG KEIL,
Medizinalpraktikant aus Leipzig.

München 1911
Kgl. Hofbuchdruckerei Kastner & Callwey.

Die Beziehung der sensibilisierenden Wirkung des Uranylsulfates zu seiner Fluorescenz.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfasst und einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

GEORG KEIL,
Medizinalpraktikant aus Leipzig.

ACAD. MED. BAT. BIBL.

München 1911
Kgl. Hofbuchdruckerei Kastner & Callwey.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen
Fakultät der Universität München.

Referent:
Professor Dr. von Tappeiner.

Vor zwei Jahren veröffentlichte C. Neuberg [1] in der „Biochemischen Zeitschrift“ eine Reihe von Beobachtungen über chemische Lichtwirkungen.

Da solche Lichtreaktionen vielfach lange Belichtungszeiten erfordern, suchte er nach Stoffen, die die Photosensibilität der zu belichtenden chemischen Körper steigern könnten — nach Katalysatoren. Im Uranoxyd und seinen Salzen fand er einen solchen.*)

Mit Hilfe dieses Katalysators gelang es ihm bei einer großen Anzahl von chemischen Substanzen des verschiedensten Baues bisher nur wenig bekannte oder unbekannte Veränderungen durch Licht zu erzielen.

Quantitativ untersucht wurden von C. Neuberg die photochemische Veränderung von d-Weinsäure, d-l-Alanin, Asparaginsäure, Seidenfibroinpepton und Inulin.

Raymond F. Bacon [3] hat die photochemische Zerlegung der Oxalsäure bei Gegenwart von Uransalzen studiert, die nach der Gleichung $H_2C_2O_4 = CO_2 + CO + H_2O$ vor sich geht.

---

*) Wie Neuberg selbst angibt, hat bereits 1862 Seekamp die sensibilisierende Wirkung von Uranoxydsalzen beobachtet.

Aehnlich der sauerstoffübertragenden Wirkung der Eisensalze im Lichte [2] stellt sich — wie Neuberg angibt — auch die Wirkung der Uranverbindungen im Lichte im großen und ganzen als ein Oxydationsvorgang dar.

Da im Dunkeln Uran keine Wirkung zeigt, ist an eine Wirkung von Radium, das dem Uran anhaftet, nicht zu denken. Dies zeigen auch die Versuche von Raymond Foss Bacon [4], der die Wirkung der Uransalze mit der einer Pechblende, die gleiche Uranmenge, aber etwa 5 mal stärkere Radioaktivität besaß, verglich. „Auch die bekannte Phosphoreszenz, Lumineszenz und Fluoreszenz fester Uransalze spielt bei den vorliegenden Lichtwirkungen kaum mit.“ „Die Fähigkeit zu fluoreszieren macht sich in den verdünnten wässrigen Lösungen kaum geltend, und typische Fluoreszenzerreger wie Fluoreszeïn usw. bringen die beschriebenen Reaktionen nicht zustande.“

Dieser Absatz bezieht sich auf eine im Pharmakologischen Institute München gemachte Entdeckung, wonach die fluoreszierenden Stoffe intensiv wirkende biologische Sensibilisatoren sind. So vermag z. B. das fluoreszierende Tetrachlortetrajodfluorescein-Natrium, das in Verdünnung von 1:30000 im Dunkeln Infusorien (Paramaecium caudatum) unbeschadet ertragen, in der gleichen Konzentration im zerstreuten Tageslicht nach 3 Minuten diese Tiere zu töten und selbst in Verdünnung von 1:600000 nach 5 Stunden Belichtung.

Ebenso können aber auch chemische Körper mittels der fluoreszierenden Stoffe sensibilisiert werden, wie z. B. Jodkalium resp. Jodwasserstoffsäure (Pinnow*), Straub, Tappeiner und Jodlbauer), arsenige Säure, Pyrogallol, Benzylalkohol, Salicylaldehyd (Jodlbauer und Tappeiner) usw.

Die Wirkung der fluoreszierenden Stoffe auf sämtliche oben angeführten Körper besteht in Oxydation, da sie nur bei Gegenwart von O_2 auftritt.

Der enge Zusammenhang zwischen der sensibilisierenden Wirkung der fluoreszierenden Stoffe und der von Neuberg für die Uransalze angegebenen katalysierenden Wirkung veranlaßte Professor v. Tappeiner, mir die Aufgabe zu stellen, ob nicht doch die Fähigkeit der Uransalze zu fluoreszieren, der Grund für ihre katalysierende Wirkung sei.

Neuberg negiert es aus den bereits angegebenen Gründen, die ich aber hier nochmals erwähnen möchte, nämlich weil die Fluoreszenz der wässrigen Uranlösung äußerst gering sei und weil das stark fluoreszierende Fluoreszeïn auf die von ihm untersuchten Stoffe wirkungslos sei.

Wenn Neuberg das Fluoreszeïn gewählt hat, um das Fehlen eines Zusammenhangs zwischen Fluoreszenz und katalysierender Wir-

*) Pinnow erkannte den Zusammenhang zwischen Fluorescenz und Sensibilisierung nicht.

kung zu beweisen, so war die Wahl keine glückliche zu nennen. Denn es steht fest, daß die stark fluoreszierenden Stoffe meist weniger gut sensibilisieren als die sehr schwach fluoreszierenden. Für die Reihe der Fluoreszeïnderivate läßt sich der Satz aufstellen, daß die sensibilisierende Wirkung im umgekehrten Verhältnis zur Fluoreszenzhelligkeit steht.

Vor allem war zu prüfen, ob die Stoffe, bei welchen Neuberg quantitative Bestimmungen ausgeführt hat, sich mit fluoreszierenden Stoffen nicht ebenso sensibilisieren lassen als mit Uransulfat.

I. Sensibilisierungsversuche mit fluorescierenden Stoffen an Glycerin.

a) Bedeutung der Concentration des Uranylsulfats für seine katalysierende Wirkung.

Um über den Einfluß der Konzentration des Uranylsulfats Aufschluß zu erhalten, ging den eigentlichen Versuchen ein solcher mit Uranylsulfat in wechselnder Konzentration voraus.

Eine 5prozentige Glyzerinlösung, wie sie auch C. Neuberg verwendete, wurde versetzt mit $^1/_{10}$ normal, $^1/_{100}$ normal, $^1/_{1000}$ normal und $^1/_{10000}$ normal Uranylsulfat und 4 Stunden lang in der Sonne belichtet. Hierdurch trat in der Lösung ein starkes Reduktionsvermögen ein, das — mit Ausnahme der Glyzerinlösung + $^1/_{10}$ normal Uranylsulfat — gewichtsanalytisch durch Wägung des zu Kupfer reduzierten Kup-

feroxydhydrats im Allihnschen Asbeströhrchen bestimmt wurde.

Bei der Konzentration $^1/_{10}$ normal Uranylsulfat war die Verwendung dieser gewichtsanalytischen Methode nicht möglich, da das Kupferoxydul andere bei der Belichtung entstandene Produkte mitriß und somit verunreinigt wurde. Hier mußte die Titrationsmethode nach Soxhlet angewendet werden.

Als Belichtungsgefäße dienten Glasröhren von 50 cm Länge und ca. 2,4 cm Durchmesser, die mit 50 ccm der Lösungen beschickt waren. Der übrigbleibende Raum (ca. $^3/_4$ Teil) war mit O_2 gefüllt. Die Röhren lagen senkrecht zum Lichteinfall in einer Ebene, so daß die Belichtung in allen Versuchen möglichst gleichmäßig war.

Das Reduktionsvermögen der belichteten Glyzerinlösungen entsprach auf die Glykose bezogen bei:

$^1/_{10}$ normal Uranylsulfat = 0,9760% Glykose
$^1/_{100}$ normal Uranylsulfat = 0,3268% Glykose
$^1/_{1000}$ normal Uranylsulfat = 0,2052% Glykose
$^1/_{10000}$ normal Uranylsulfat = 0,0548% Glykose

Der Versuch ist besonders nach der Richtung von Bedeutung, als sich bei früheren Arbeiten mit den fluoreszierenden Stoffen ergeben hatte, daß die Konzentration des Sensibilisators für die Wirkungsgröße von Bedeutung ist. Das Optimum der Konzentration liegt bei den Stoffen aus der Fluoreszeïnreihe bis ca. $^1/_{2000}$ normal. Sowohl bei Steigerung wie bei Minderung dieser Konzentration nimmt die sen-

sibilisierende Wirkung ab. Auf die Gründe dieser Erscheinung kann hier nicht eingegangen werden. Allgemein charakteristisch für die fluoreszierenden Stoffe ist die Erscheinung eines Wirkungsoptimums bei einer bestimmten Konzentration nicht; denn ein anderer, ebenfalls von A. Jodlbauer und H. v. Tappeiner genau untersuchter fluoreszierender Körper, das dichloranthracendisulfosaure Natrium, zeigt sie nicht. Bei diesem Körper steigt die Wirkung an mit der Konzentration gerade so wie bei Uranylsulfat.

b) Sensibilisierende Wirkung des fluorescierenden anthrachinondisulfosauren Natrium in verschiedener Concentration. (Zugleich verglichen mit Uranylsulfat.)

Konzentration von Glyzerin wie vorher. Zusätze von anthrachinondisulfosaurem Natrium in Mengen von $^1/_{100}$ normal, $^1/_{1000}$ normal, $^1/_{10000}$ normal. Zusätze von Uranylsulfat in $^1/_{100}$ normal.

Belichtung: Sonne während 10 Stunden. Reduktionsbestimmung ist gewichtsanalytisch durchgeführt. Wägung des zu Kupfer reduzierten Kupferoxyduls:

$^1/_{100}$ normal Anthrachinon = 0,7680 % Dextrose
$^1/_{1000}$ normal Anthrachinon = 0,2344 % Dextrose
$^1/_{10000}$ normal Anthrachinon = 0,1012 % Dextrose
$^1/_{100}$ normal Uranylsulfat = 1,0116 % Dextrose

Daraus erhellt, daß ebenso wie Uranylsulfat auch ein anderer fluoreszierender Körper, das anthrachinondisulfosaure Natrium,

das als guter biologischer Sensibilisator bekannt ist, Glyzerin im Lichte zu dem bereits in der Kälte die Fehlingsche Lösung reduzierenden Glyzerinaldehyd oxydiert.

c) Sensibilisierende Wirkung anderer fluorescierender Stoffe auf Glycerin.

1. Dichloranthracendisulfosaures Natrium, Akridin, γ-Phenylchinaldin.

Sämtliche Zusätze sind in Konzentration von $^1/_{100}$ normal gemacht. Zum Vergleiche ist Uranylsulfat in derselben Konzentration verwendet. Glyzerinkonzentration wie bisher. Belichtung: diffuses Tageslicht während eines Tages. Das Ergebnis war:

$^1/_{100}$ normal Akridin	keine Reduktion
$^1/_{100}$ norm. γ-Phenylchinaldin	keine Reduktion
$^1/_{100}$ norm. dichloranthracendisulfos. Natrium	Red. = 0,1672 % Dextr.
$^1/_{100}$ norm. Uranylsulfat	Red. = 0,3736 % Dextr.

Die im Dunkeln gehaltenen Proben ergaben sämtlich keine Reduktion.

2. Methylenblau, fluoridinsulfosaures Natrium, Aesculin, Resorufin.

Konzentration des Glyzerins und der Sensibilisatoren wie vorher. Wiederum ist Uranylsulfat zum Vergleiche mit in den Versuch aufgenommen.

Belichtung: 4 Tage bei regnerischem Wetter im Freien.

$^1/_{100}$ normal Methylenblau*) keine Reduktion
$^1/_{100}$ normal fluoridindisulfosaures Natrium Redukt. spurenw.
$^1/_{100}$ normal Resorufin Red. = 0,0165 % Dextr.
$^1/_{100}$ normal Aesculin „ = 0,0545 % „
$^1/_{100}$ norm. Uranylsulfat „ = 0,6260 % „

Die Kontrolldunkelproben mit Ausnahme von Aesculin kein Reduktionsvermögen. Bei Aesculin entsprach dasselbe einer 0,0095 prozentigen Dextroselösung. Somit ist für Aesculin der auf Licht resp. Sensibilisierung zu beziehende Wert folgender:

Aesculin = 0,0450 % Dextrose.

3. Eosin und Rose bengale.

Bei Eosin war die Konzentration $^1/_{2000}$ normal, bei Rose bengale $^1/_{10000}$ normal.

Belichtungsdauer: $1^1/_2$ Tage bei teilweise bewölktem Himmel.

$^1/_{2000}$ normal Eosin keine Reduktion
$^1/_{10000}$ normal Rose bengale „ „

Das Ergebnis dieser Versuche läßt sich dahin zusammenfassen:

Aehnlich wie Uranylsulfat vermögen auch andere fluoreszierende Stoffe Glyzerin im Lichte zu oxydieren. Hierher gehören — aufgezählt in der Reihe ihrer Wirkungsstärke —:

*) Der negative Ausfall bei Methylenblau könnte damit zusammenhängen, dass Methylenblau die Reduktion hemmt. Doch ist diese Hemmung so gering, dass sie vernachlässigt werden darf. Setzt man z. B. einer bestimmten Lösung von Traubenzucker-Methylenblaulösung in einer Menge zu, dass die Conzentration des Methylenblaues im Gemenge $^1/_{5000}$ normal ist, und einer anderen Traubenzuckerlösung von der Conzentration die entsprechende Menge Wasser, so entsprach das Reduktionsvermögen der ersteren 0,0910 Kupfer, das der letzteren 0,0965.

anthrachinondisulfosaures Natrium, Dichloranthracen, Aesculin und Resorufin.

Andere fluoreszierende Stoffe dagegen sind wirkungslos: so Methylenblau, γ-Phenylchinaldin, Akridin und die Körper der Fluoreszeïnreihe.

Daß nicht alle fluoreszierenden Stoffe als Sensibilisatoren auf Glyzerin wirken, erlaubt nicht den Schluß, daß hier kein Zusammenhang zwischen Fluoreszenz und Wirkung bestehe.

Denn auch bei anderen photochemischen Prozessen, wie z. B. bei dem Ederschen Gemisch und bei manchen Enzymen, wird deren Lichtempfindlichkeit nur durch bestimmte fluoreszierende Stoffe gesteigert, was darauf hindeutet, daß für das Zustandekommen der Sensibilisierung eine Adsorption resp. Bildung eines Komplexes Bedingung ist.

Da eine Reihe fluoreszierender Körper ebenso — wenn auch in geringerem Grade — wie Uranylsulfat auf Glyzerin sensibilisierend wirken und das Uranylsulfat ebenfalls fluoresziert, ist die Wahrscheinlichkeit gegeben, daß außer der von Neuberg geltend gemachten katalytischen Wirkung — analog Eisen — auch das Fluoreszenzvermögen dieses Stoffes hierbei eine Rolle spielt.

II. Sensibilisierungsversuche mit fluorescierenden Stoffen auf Alanin.

Ebenso wie Glyzerin läßt sich nach den quantitativen Versuchen C. Neubergs auch

das d-l-Alanin mit Uranylsulfat sensibilisieren, wobei sich unter Ammoniakabspaltung Acetaldehyd bildet.

Es sollte wiederum, wie im vorigen Abschnitte, geprüft werden, inwieweit andere fluoreszierende Stoffe ebenfalls als Sensibilisatoren wirken.

1. Versuche mit anthrachinondisulfosaurem Natrium (zugleich ein Vergleich mit Uranylsulfat).

11 g d-l-Alanin (E. Merck) werden gelöst in 250 ccm Wasser. Zu je 72 ccm dieser Lösung kamen 8 ccm $^1/_{10}$ normal Uranylsulfat resp. anthrachinondisulfosaures Natrium resp. Wasser. Belichtung der Gemenge in den oben angegebenen Röhren während 3 Stunden in der Sonne.

Nach dieser Zeit wurden die Lösungen den Röhren entnommen und die nicht filtrierten Lösungen mit Magnesia destilliert und das abgespaltene Ammoniak bestimmt.

$^1/_{100}$ normal Uranylsulfat	$= 0{,}034$ g NH_3
$^1/_{100}$ normal anthrachinondisulfosaures Natrium	$= 0{,}102$ g NH_3
ohne Zusatz	$= 0$

2. Versuch mit dichloranthracendisulfosaurem Natrium.

Anordnung wie vorhin. Belichtungsdauer: 2 Stunden in der Sonne.

$^1/_{100}$ normal Uranylsulfat	$= 0{,}0136$ g NH_3
$^1/_{100}$ normal dichloranthracen-	

disulfosaures Natrium = 0,0272 g NH_3
ohne Zusatz = 0

Auf d-l-Alanin wirken die beiden fluoreszierenden Stoffe: das anthrachinondisulfosaure Natrium und das dichloranthracendisulfosaure Natrium stärker sensibilisierend als das Uranylsulfat.

III. Sensibilisierungsversuche mit fluorescierenden Stoffen auf Weinsäure.

Ebenso wie auf Glyzerin und auf d-l-Alanin wirkt Uranylsulfat auch auf Weinsäure sensibilisierend. Neuberg fand, daß sich hierbei die Weinsäure zu Glyoxal- und Ketosäuren oxydiert. Die belichtete Lösung reduziert die Fehlingsche Lösung bereits in der Kälte.

Zu meinen Versuchen verwandte ich das Kaliumsalz der Weinsäure in Konzentration von 7,5%.

Die Zusätze der fluoreszierenden Substanz waren so gewählt, daß ihre Konzentration im Gemenge $^1/_{100}$ normal war.

Das Reduktionsvermögen nach der 7stündigen Belichtung in der Sonne wurde gewichtsanalytisch (Wägung des zu Kupfer reduzierten Kupferoxyduls) festgestellt. Aus den angegebenen Werten ist zu ersehen, welche Dextrosemenge dem Reduktionsvermögen entspräche.

Uranylsulfat $^1/_{100}$ normal = 0,2016% Dextrose
anthrachinondisulfosaur. Natrium = 0,1876% „

Dichloranthracen $^1/_{100}$ normal = 0,0344% Dextrose
Rose bengale $^1/_{100}$ norm. = 0
Methylenblau $^1/_{100}$ norm. = 0

Wiederum wirken das Dichloranthracen und das Anthrachinon sensibilisierend, während Methylenblau und Rose bengale sich als unwirksam erwiesen.

Zusammenfassung der Ergebnisse aus Abschnitt I, II und III.

Glyzerin, d-l-Alanin und Weinsäure lassen sich ebenso wie durch Uranylsulfat auch durch andere fluoreszierende Stoffe sensibilisieren.

Während aber auf Zellen die fluoreszierenden Stoffe ohne Ausnahme sensibilisierend wirken, beschränkt sich bei den obigen chemischen Stoffen diese Wirkung auf einzelne Gruppen.

Jedenfalls ist hierdurch der Zusammenhang der katalysierenden Wirkung des Uranylsulfats mit dessen Fluoreszenz wahrscheinlich gemacht.

Der hiergegen von Neuberg erhobene Einwand, daß Fluoreszeïn keine katalysierenden Eigenschaften zeigt, ist nach dem früher Dargelegten nicht beweisend.

Um weiteres Beweismaterial für die oben besprochene Anschauung zu bekommen, wur-

den Versuche angestellt, die dahin abzielten, ob auch auf die durch die meisten fluoreszierenden Stoffe leicht sensibilisierbaren Fermente das Uranylsulfat ebenfalls katalysierend wirke.

Im folgenden Abschnitte wird darüber berichtet.

IV. Die sensibilisierende Wirkung des Uranylsulfates auf Fermente.

Zu diesem Versuche wurde Invertase benutzt, deren leichte Sensibilisierbarkeit durch fluoreszierende Stoffe aus früheren Institutsarbeiten bekannt ist.

Dieses Ferment spaltet Rohrzucker in einerseits d-Glukose, andererseits d-Fruktose.

Während Rohrzucker die Ebene des polarisierenden Lichtes nach rechts dreht, dreht die bei der Fermentwirkung entstehende d-Fruktose nach links, die ebenfalls entstehende d-Glukose nach rechts. Da ferner die Drehung der d-Fruktose nach links größer ist als die Drehung der d-Glukose nach rechts, nimmt die anfängliche Rechtsdrehung bei fortschreitendem Invertierungsprozesse ständig ab und wird schließlich zur Linksdrehung. Diese „Umdrehung“ ist ja auch die Ursache des Namens Invertase.

Bestimmt man also mit dem Polarisationsapparate die anfängliche Drehung einer Rohrzucker- und Invertaselösung und wiederholt nach dem Verlaufe einiger Stunden die Ablesung, so findet man je nach dem Wirkungs-

grade der Invertase die Rechtsdrehung vermindert. Je geringer die Differenz der anfänglichen und späteren Drehung ist, um so stärker ist die Fermentschädigung.

Anordnung: In 6 Reagenzgläser aus Jenenserglas kamen je 10 ccm einer 0,1 prozentigen Invertaselösung. Je 2 Gläser erhielten einen Zusatz von 0,25 ccm einer 1 normal SO_4H_2-Lösung*) und 0,25 ccm $^1/_{10}$ normal Uranylsulfat, je 2 einen solchen von 0,25 ccm Wasser und 0,25 ccm $^1/_{10}$ normal Eosin, je 2 einen solchen von 0,5 ccm Wasser. Von den beiden Reagenzgläsern gleichen Inhaltes wurde eines mit Staniol lichtdicht verschlossen. Sämtliche Gläser wurden bei geöffneten Fenstern 3 Stunden lang an das Licht (zerstreutes Tageslicht, ohne Sonne) gestellt.

Die 6 Gläser erhielten dann einen Zusatz von 10 ccm einer 40prozentigen Rohrzuckerlösung und wurden ins Dunkle gebracht. Nach $2^1/_2$ Stunden, sowie ein zweites Mal nach 18 Stunden wurde die Drehung abgelesen. Die anfängliche Drehung war $+14^0\ 39'$.

Ablesung nach $2^1/_2$ Stunden:

Uranylsulfat unbelichtet	$+10^0\ 10'$
„ belichtet	$+13^0\ 45'$
Eosin unbelichtet	$+\ 9^0\ 45'$
„ belichtet	$+11^0\ 30'$
Kontrolle unbelichtet	$+\ 9^0\ 30'$
„ belichtet	$+\ 9^0\ 30'$

*) Der Zusatz von Säure war nötig, da ohne diesen die Fermentlösung durch das Uranylsulfat getrübt wurde und die Invertase ausflockte.

Ablesung nach 18 Stunden:

Uranylsulfat unbelichtet	— 0° 10′
„ belichtet	+ 12° 32′
Eosin unbelichtet	— 2° 00′
„ belichtet	+ 1° 25′
Kontrolle unbelichtet	— 2° 07′
(ohne Zusatz) belichtet	— 2° 05′

Es ist hieraus zu ersehen, daß das Uranylsulfat — trotz des Säurezusatzes, der den Invertierungsprozeß eher fördern würde —, die Wirkung der Invertase auch im Dunkeln etwas abschwächte. Eine starke Schädigung trat ein, wenn die Invertase-Uranylsulfatlösung belichtet wurde. Die sensibilisierende Wirkung des Uranylsulfates ist noch stärker als die des Eosins.

Somit vermag Uranylsulfat ebenso wie die fluoreszierenden Stoffe die Lichtempfindlichkeit der Fermente gegenüber sichtbaren Strahlen zu steigern.

V. Sensibilisierung der Eder'schen Flüssigkeit mit Uranylsulfat bei Abwesenheit von Sauerstoff.

v. Tappeiner und Jodlbauer fanden, daß die Edersche Lösung — ein Gemenge von 2 Teilen 4prozentigem Ammoniumoxalat und 1 Teil 5prozentigem Sublimat — bei Gegenwart von Sauerstoff weniger lichtempfindlich ist als bei dessen Ausschluß. Aus der Menge des bei der Belichtung sich bildenden Kalo-

mels läßt sich die Lichtwirkung bestimmen. Die Reaktion verläuft nach der Gleichung: $2\,HgCl_2 + C_2O_4(NH_4)_2 = Hg_2Cl_2 + 2\,NH_4Cl + 2\,CO_2$.

Diese durch Sauerstoff gehemmte Reaktion ist auch bei Sauerstoffabwesenheit durch eine Anzahl fluoreszierender Stoffe sensibilisierbar, so daß der Schluß berechtigt erscheint, daß die Gegenwart von Sauerstoff keine allgemeine Bedingung für den Sensibilisierungsvorgang darstellt.

Läßt sich die Lichtempfindlichkeit der Ederschen Lösung durch Uranylsulfat auch bei Sauerstoffabwesenheit steigern, so ist das ein neuer Beweis für die Abhängigkeit der katalysierenden Wirkung des Uranylsulfats von seiner Fluoreszenz.

Versuchsanordnung:

4 Glasflaschen, die nach dem Prinzip von Gaswaschflaschen aus einem Stück geblasen waren, wurden gefüllt mit je 50 ccm der Ederschen Mischung. Zwei Röhren erhalten einen Zusatz von 5 ccm Wasser, zwei einen solchen von 5 ccm $^1/_{10}$ normal Uranylsulfat.

Je zwei Flaschen verschiedenen Inhaltes wurden sodann im Dunkelzimmer mit einer Quecksilberpumpe sorgfältigst evakuiert und zugeschmolzen, während die beiden anderen mit Sauerstoff gefüllt wurden.

Die Belichtung geschah an einem sehr trüben Sommer-Nachmittag abends 5 Uhr und währte bei dem Versuche mit Uranylsulfat 10 Minuten, bei dem ohne solches 40 Minuten.

Das während dieser Zeit ausgefallene Kalomel wurde auf Filtern mit bekanntem Gewichte gesammelt und gewogen. Der Niederschlag betrug:

mit Uranylsulfat	mit Sauerstoff	0,053 mg
„ „	evakuiert	0,1725 mg
ohne Uranylsulfat	mit Sauerstoff	0,009 mg
„ „	evakuiert	0,021 mg

Somit wirkt auch bei Abwesenheit von Sauerstoff das Uranylsulfat sensibilisierend auf die Edersche Lösung.

Zusammengefasste Ergebnisse.

Die von C. Neuberg gefundene katalysierende Wirkung der Uransalze auf photochemische Prozesse hängt mit ihrer Fluoreszenz zusammen.

Dafür sprechen folgende Tatsachen:

1. Die von C. Neuberg zu seinen quantitativen Untersuchungen benutzten Stoffe, das Glyzerin, das d-l-Alanin und die Weinsäure, lassen sich ebenso wie durch Uranylsulfat auch durch verschiedene andere fluoreszierende Stoffe sensibilisieren.

2. Die Lichtempfindlichkeit der Invertase läßt sich ebenso wie durch eine große Anzahl fluoreszierender Stoffe auch durch Uranylsulfat steigern.

3. Die Edersche Lösung ist bei Sauerstoffabwesenheit ebenso wie

durch eine Reihe fluoreszierender Stoffe auch durch Uranylsultat sensibilisierbar.

* * *

Zum Schlusse meiner Arbeit möchte ich nicht verfehlen, Herrn Professor Dr. v. Tappeiner für die gütige Ueberlassung der Arbeit und die Uebernahme des Referates meinen allerherzlichsten Dank auszusprechen. Auch Herrn Professor Dr. Jodlbauer drängt es mich für die überaus liebenswürdige Unterstützung, die er mir in reichem Maße zuteil werden ließ, meinen tiefgefühltesten Dank abzustatten.

LITERATUR:

1. Neuberg, Carl, Chemische Umwandlungen durch Strahlenarten I; Biochemische Zeitschrift Bd. XIII, 1908.
2. Neuberg, Carl, Chemische Umwandlungen durch Strahlenarten IV; Biochemische Zeitschrift Bd. XXIX, 1910.
3. Raymond Foss Baccon, Eine Lösung von Oxalsäure und Uransalzen als chemisches Photometer. Chemisches Zentralblatt, 82. Jahrg. 1911. I.
4. Raymond Foss Bacon, Katalyse mit Hilfe von Uransalzen im Sonnenlicht. Chemisches Zentralblatt, 78. Jahrg. 1907. II1.

LEBENSLAUF.

Georg Keil, Sohn des verstorbenen Prokuristen Bernhard Keil, wurde am 30. Juli 1884 in Leipzig geboren. Nach Absolvierung des Nicolaigymnasiums zu Leipzig im März 1905 besuchte er die Leipziger Universität bis zum Physikum im Juli 1907. Vom Oktober 1907 bis März 1910 besuchte er die Münchener Universität bis zum Bestehen des Staatsexamens im Mai 1910.